



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 08 031 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 R 4/62**  
H 01 R 4/20  
H 01 R 43/02  
B 23 K 20/12

⑳ Aktenzeichen: 199 08 031.3  
㉔ Anmeldetag: 24. 2. 1999  
㉕ Offenlegungstag: 14. 9. 2000

**DE 199 08 031 A 1**

㉚ Anmelder:  
Auto Kabel Managementgesellschaft mbH, 79688  
Hausen, DE

㉛ Vertreter:  
Patent- und Rechtsanwaltssozietät Schmitt,  
Maucher & Börjes-Pestallozza, 79102 Freiburg

㉜ Erfinder:  
Nölle, Günther, 79541 Lörrach, DE; Lietz,  
Franz-Josef, 46049 Oberhausen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

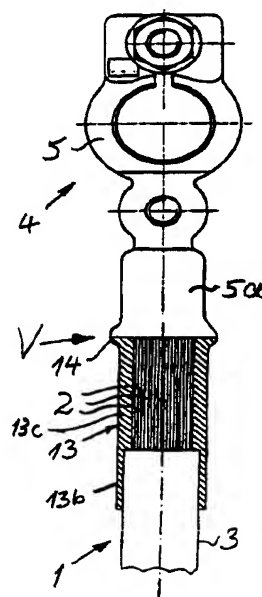
DE	26 39 560 A1
DE	25 44 927 A1
DE	24 20 236 A1
DE-OS	23 27 601
DE-OS	22 50 836
DE-OS	22 49 707
AT	3 70 259
US	37 79 446
US	37 12 528
US	28 06 215
US	2 16 323
EP	01 25 042 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verbindung eines elektrischen Aluminiumkabels mit einem aus Kupfer oder dergleichen Metall bestehenden Anschlußteil

⑤⑦ Eine Verbindung (V) des elektrischen Aluminiumkabels (1) mit einem Anschlußstück (4) aus anderem Metall, insbesondere Kupfer oder einer Kupferlegierung, wird durch Zusammendrücken der das Aluminiumkabel (1) bildenden Drähte (2) im Endbereich und Verschweißen mit dem Anschlußteil (4), insbesondere durch ein Reibschweißverfahren, bewirkt. Dabei wird die Reibwärme zwischen den Materialien genutzt, um beide Materialien zu schmelzen und ohne Zusatzschweißstoff miteinander zu verbinden. Das Aluminiumkabel (1) wird dazu mit einer mit ihm verpreßten Stützhülse (13) versehen, die die einzelnen Drähte (2) an der Verbindungsstelle praktisch zu einer vollen Fläche macht und selbst mit dem Anschlußteil (4) mitverschweißt wird. Somit können Anschlußteile aus Kupfer dicht und elektrisch gut leitend verbunden werden, ohne daß im Verbindungsbereich eine Korrosionsgefahr aufgrund unterschiedlich edler oder unedler Metalle besteht.



**DE 199 08 031 A 1**

Die Erfindung betrifft eine Verbindung eines elektrischen Aluminiumkabels, insbesondere eines aus mehreren Aluminiumdrähten oder -litzen gebildeten und isolierten Aluminiumkabels mit einem aus Kupfer, aus einer Kupferlegierung und/oder aus Messing oder dergleichen Metall bestehenden Anschlußteil, zum Beispiel mit einer Batterieklemme, einem Kabelschuh, einem Anschlußadapter, einem Stecker-  
teil, einem Kabelstück oder dergleichen, für die elektrische Anlage eines Kraftfahrzeuges.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Verbinden eines elektrischen Aluminiumkabels mit einem aus Kupfer, aus einer Kupferlegierung und/oder aus Messing oder dergleichen Metall bestehenden Anschlußteil, wie es vorstehend beispielhaft erwähnt ist, wobei die Stirnseite des Aluminiumkabels mit der Stirnseite des Anschlußteiles in Verbindung und elektrischen Kontakt gebracht wird.

Schließlich betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des vorstehend genannten Verfahrens.

Der Gedanke, die aus Kupfer oder Kupferlegierungen bestehenden stromführenden Leitungen, insbesondere Energieleitungen, mit relativ großem Querschnitt in Kraftfahrzeugen durch solche aus Aluminium zu ersetzen, ist bekannt, weil Aluminium auch dann zu einem geringeren Gewicht führt, wenn die Leitungsquerschnitte wegen der etwas geringeren Leitfähigkeit von Aluminium gegenüber Kupfer vergrößert werden müssen.

Dabei wurden Versuche gemacht, die zu verbindenden Teile, also ein Aluminiumkabel und ein entsprechendes Anschlußteil, mittels Hülsen und Klemmen stromführend zu verbinden. Dabei besteht jedoch das Problem, daß an der Oberfläche von Aluminium unter dem Einfluß des Luftsauerstoffes eine dünne Oxidschicht entsteht, deren Dicke mit der Zeit zunimmt und die elektrisch nicht leitend ist. Die elektrisch leitende Verbindung eines Aluminiumkabels mit einem Anschlußteil aus anderem Metall erfordert deshalb die Beseitigung bzw. die Durchdringung einer solchen Oxidschicht und die Verhinderung einer erneuten Bildung einer solchen Oxidschicht.

Ferner ergibt sich bei der Verbindung eines aus Einzeldrähten oder Litzen gebildeten Aluminiumkabels mit einem Anschlußteil die Notwendigkeit, zur Verminderung des elektrischen Widerstandes eine Klemmverbindung mit hoher Preßkraft vorzunehmen. Dies führt an der Preßstelle zu Verformungen der Querschnitte der einzelnen Aluminiumdrähte, so daß diese an der Verbindungsstelle von vorneherein geschwächt sind und unter der dynamischen Belastung in einem Kraftfahrzeug im Laufe der Zeit brechen können. Besonders hohe dynamische Beanspruchungen entstehen dabei im Bereich des Antriebsmotors, der Lichtmaschine und auch der Batterie.

Auf der anderen Seite ist es nicht möglich, das Anschlußteil selbst ebenfalls aus Aluminium zu fertigen, weil im Bereich von Batterien oder Akkumulatoren Säuredämpfe nicht ganz auszuschließen sind, die Aluminium in erheblich höherem Maße als Kupfer, Kupferlegierungen oder Messing angreifen, und weil Anschlüsse an mit einem Verbrennungsmotor verbundene Aggregate wie Lichtmaschinen einer so hohen dynamischen Belastung ausgesetzt sind, daß daraus im Laufe der Zeit der weniger stabile Werkstoff Aluminium zu Bruch geht beziehungsweise die Anschlußverbindung zerstört wird.

Aluminium unterliegt auch einer größeren Korrosionsgefahr als Kupfer, das eine relativ gute Korrosionsbeständigkeit hat, weil Aluminium relativ unedel ist und deshalb das Bestreben hat, in die stabilere oxidische Form überzugehen, aus der es unter Aufwendung von Energie erzeugt wurde.

Werden Metalle unterschiedlich edlen Charakters leitend miteinander verbunden, besteht die Gefahr einer Kontaktkorrosion. Dabei sind die Kupferwerkstoffe aufgrund ihres edlen Potentials weniger als Aluminium gefährdet, können sich aber bei einer Verbindung damit auf dieses Metall gefährdend auswirken. Da Aluminium das unedlere Metall gegenüber Kupfer ist, kann es bei einer Berührverbindung bei hohen Strömen und längeren Belastungszeiten vor allem in feuchtem, salzhaltigem Klima dazu kommen, daß das unedlere Metall, also das Aluminium, als "Opferanode" wirkt und abnimmt. Es kommt also mit der Zeit zu einem Materialverlust an der Kontaktfläche, was sich negativ auf den Kontaktwiderstand und die Festigkeit auswirkt.

Es besteht deshalb die Aufgabe, eine Verbindung zu der eingangs genannten Art zu schaffen, die eine hohe Festigkeit gegenüber den dynamischen Belastungen und eine gute Leitfähigkeit hat und eine Oxidschicht oder Korrosion an dem Aluminium im Bereich der Verbindung durch den Verbindungsvorgang selbst einerseits beseitigt und/oder andererseits eine Oxidschicht in diesem Bereich der gegenseitigen Kontaktierung der unterschiedlichen Metalle verhindert.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist die eingangs genannte Verbindung eines elektrischen Aluminiumkabels mit einem Anschlußteil aus einem anderen Metall dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierung des Aluminiumkabels vor der Berührstelle mit dem Anschlußteil endet oder entfernt ist, daß eine Stützhülse vorgesehen ist, die zumindest den der endseitigen Stirnseite des abisolierten Teiles des Aluminiumkabels benachbarten Bereich umschließt, daß diese Stützhülse mit dem Ende des Aluminiumkabels verpreßt und/oder darauf aufgeschraubt ist, so daß die Drähte oder Litzen des Aluminiumkabels zumindest im Bereich der Stirnseite zusammengedrückt sind, und daß das Anschlußteil mit der Stirnseite des Endes des Aluminiumkabels verschweißt ist.

Die Verbindung ist also vor allem durch eine zusätzliche Stützhülse an dem Aluminiumkabel gekennzeichnet, die die einzelnen Drähte oder Litzen durch Zusammendrücken genügend stabilisiert und einander annähert, um eine metallische Fläche an der Stirnseite des Kabels zu ergeben, die dann gleichzeitig die Verbindungsstelle mit dem Anschlußteil ist. Dadurch ist es möglich, diese Stirnseite von Oxid zu befreien, sofern sich dort welches gebildet haben sollte, und dann diese Stirnseite mit dem Anschlußteil stumpf zu verschweißen, so daß auch zukünftig an dieser Stelle kein Oxid entstehen kann. Bekanntermaßen kann Aluminium mit Kupfer durchaus verschmolzen und verschweißt werden und also an der erfindungsgemäßen Verbindung sogar eine gegenseitige Legierung bilden. Versuche haben gezeigt, daß die Reißfestigkeit einer solchen Verbindung höher als die des Aluminiumkabel und/oder des Anschlußstückes selbst sein kann.

Besonders günstig ist es, wenn die Stützhülse bis über den Übergang zwischen dem abisolierten Bereich des Aluminiumkabels und der Isolierung, einen Teil der Isolierung umschließend, reicht. Die Stützhülse erhält also zweckmäßigerweise eine größere axiale Länge als der abisolierte Bereich des Aluminiumkabels, so daß eine gute Aussteifung im Bereich der Verbindungsstelle bis unter die Isolierung erreicht wird, was zu einer gleichmäßigen Verteilung der Preßkräfte im Verbindungsbereich führt, ohne die einzelnen Aluminiumdrähte zu stark zu belasten und zu verformen. Somit ist eine solche Verbindungsstelle auch Querkraften und dynamischen Belastungen, wie sie in Kraftfahrzeugen auch an mit dem Motor verbundenen Aggregaten auftreten können, gewachsen. Gleichzeitig kann eine gute Abdichtung des Aluminiumkabels und der Verbindung erzielt werden.

Dabei ist es zweckmäßig, wenn das eine Ende der Stützhülse bündig mit der endseitigen Stirnseite des abisolierten Bereiches des Aluminiumkabels ist. Die Stützhülse vergrößert dadurch dann die Verbindungsstelle in radialer Richtung und steht selbst auch zur Verschweißung mit einem entsprechend bemessenen Anschlußstück oder Gegenstück zur Verfügung, sofern die das Ende des Aluminiumkabels zusammendrückende Stützhülse eine Metallhülse, insbesondere eine Aluminiumhülse ist. Vor allem eine Aluminiumhülse hat dabei den Vorteil, daß sie sich bezüglich Wärme-  
dehnung, elektrischer Leitfähigkeit und Verschweißbarkeit wie das Aluminiumkabel selbst verhält, also gewissermaßen eine Ergänzung des Aluminiumkabels an der Verbindungsstelle ist.

Besonders günstig ist es, wenn das Aluminiumkabel und die aufgeschrumpfte oder aufgepreßte Stützhülse und das Anschlußstück einen im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt insbesondere gleicher Größe haben. Die Schweißstelle kann dann über den gesamten Querschnitt der Verbindung und dabei gleichzeitig den gesamten Querschnitt des Anschlußstückes einerseits und der aus Aluminiumkabel und Stützhülse gebildeten Einheit andererseits reichen. Entsprechend günstige Widerstandswerte für den elektrischen Strom können an dieser großflächigen Verbindung erzielt werden.

Für eine bestmögliche Verteilung der Druckkräfte auf die einzelnen Drähte oder Litzen des Aluminiumkabels ist es günstig, wenn die Stützhülse zum Verpressen oder Vorpressen des Aluminiumkabels in ihrem Inneren wenigstens zwei Abschnitte unterschiedlichen Innenquerschnittes oder Innendurchmessers hat und der Abschnitt mit dem größeren Innendurchmesser das Ende der Isolierung des Aluminiumkabels und der Bereich kleineren Innenquerschnittes den abisolierten Bereich des Aluminiumkabels umgreift. Dabei kann die Differenz der Innendurchmesser der Stützhülse etwa der doppelten Dicke der Isolierung des Aluminiumkabels entsprechen. Es kann also mit dieser Gestaltung der Stützhülse der Querschnittsunterschied zwischen isoliertem und nichtisoliertem Teil des Aluminiumkabels Rechnung getragen werden, so daß die Stützhülse vor und auch nach dem Verpressen an ihrer Außenseite weitgehend einen gleichbleibenden Umfang hat und die Mittel zum Verpressen keine Querschnittsunterschiede berücksichtigen müssen, obwohl diese im Inneren der Stützhülse an dem Aluminiumkabel vorhanden sind. Da das der Verbindungsstelle abgewandte Ende der Verpressung im isolierten Bereich des Aluminiumkabels angeordnet werden kann, werden die einzelnen Drähte des Kabels gegen zu starke mechanische Verformungen aufgrund des Pressvorganges geschützt und behalten somit ihre Festigkeit.

Es wurde schon erwähnt, daß die Verbindung durch stumpfes Schweißen fertiggestellt sein kann. Besonders günstig ist es dabei, wenn das mit der Stützhülse versehene Ende des Aluminiumkabels mit dem Anschlußstück durch Reibschweißen verbunden ist. Reibschweißen ist an sich bekannt und wird in vielen Fällen dadurch bewirkt, daß eines der Teile vor der Verbindung in Rotation versetzt wird, dann gegen das andere Teil bewegt wird, wodurch eine Reibungswärme entsteht, die hoch genug zum Verschweißen der Teile ist, so daß sie sich nach dem Abbremsen der Rotation fest miteinander verbinden. Vor allem beim Verbinden eines Aluminiumkabels mit einem Anschlußstück kann dadurch gleichzeitig eine eventuell an der Verbindungsstelle bzw. Stirnseite des Aluminiumkabels entstandene Oxidschicht automatisch beseitigt werden, weil durch die mechanische Reibung eine solche Schicht durchdrungen und entfernt wird. Somit ist eine elektrische Verbindung eines Aluminiumkabels mit einem Anschlußstück durch Reibschweißen als

besonders vorteilhaft und günstig anzusehen, zumal relativ geringe Energien für diese Art des Verschweißens beispielsweise gegenüber einem auch denkbaren Abbrems-Stumpfschweißen notwendig sind.

Das eingangs schon erwähnte Verfahren ist zur Lösung der Aufgabe dadurch gekennzeichnet, daß das Aluminiumkabel an dem Verbindungsende abisoliert und auf die abisolierte Stelle eine Stützhülse aufgesteckt wird, daß die Stützhülse verpreßt oder geschrumpft und dadurch die Drähte oder Litzen des Aluminiumkabels zusammengedrückt werden und daß das Aluminiumkabel zusammen mit der Stützhülse mit dem Anschlußstück stumpf verschweißt wird. Statt aufwendige Klemmverbindungen anzubringen, bei denen eine mechanische Verklammerung und Verbindung der beiden zu verbindenden Teile durchgeführt wird und die möglicherweise anschließend noch einmal mit Kunststoff umgossen werden muß, werden also die beiden Teile unterschiedlicher Werkstoffe miteinander verschweißt, wobei die weiche und nachgiebige Stirnseite des Aluminiumkabels zunächst durch eine Stützhülse mechanisch verfestigt wird, um den Belastungen der Verschweißung standzuhalten.

Dabei kann zweckmäßigerweise dahingehend verfahren werden, daß die Stützhülse mit einem Ende bündig zu der Stirnseite des Aluminiumkabels angeordnet wird, das heißt ein Ende der Stützhülse wird zur Vergrößerung der Stirnseite des Aluminiumkabels und damit der Verbindungsstelle herangezogen und mitverwendet. Gleichzeitig wird sichergestellt, daß an der Stirnseite die einzelnen Drähte oder Litzen des Aluminiumkabels auch tatsächlich einerseits alle zusammengedrückt und verfestigt miteinander angeordnet und dennoch für die Verschweißung zugänglich sind. Dabei können auch diese Drähte miteinander bündig sein und eine ebene Stirn- oder Querschnittsfläche bilden.

Eine besonders günstige Verfahrensweise kann darin bestehen, daß das mit der Stützhülse versehene Aluminiumkabel mit dem Anschlußstück durch Reibschweißen verbunden wird. Gegenüber einem elektrisch unterstützten Stumpfschweißverfahren wird dafür in vorteilhafter Weise wesentlich weniger Energie benötigt. Dennoch erlaubt das Reibschweißverfahren eine Verschweißung der Materialien Aluminium einerseits und Kupfer oder Kupferlegierung oder dergleichen Metall andererseits unter Bildung intermetallischer Phasen, das heißt die Oxidschicht am Aluminium wird zerstört und die Korrosionsmöglichkeit an der Verbindungsstelle eliminiert. Da das Aluminiumkabel mit der Stützhülse zuvor oder spätestens gleichzeitig mit dem Schweißvorgang verpreßt wird, entsteht eine Art Vollzylinder, an dessen Stirnseite oder Kopffläche die Verschweißung erfolgen kann. Die Verpressung der einzelnen Drähte des Aluminiumkabels braucht also nur gut genug zu sein, um den Belastungen des Reibschweißvorganges standzuhalten. Dabei kann ein solcher Reibschweißvorgang mit einem geringen Materialverlust an der Verbindungs- und Schweißstelle einhergehen, der sich in Form einer Wulst um die Nahtstelle abzeichnet, die gleichzeitig die Verbindungsstelle vergrößert und damit die Verbindung selbst verstärkt.

Besonders günstig ist es, wenn das mit dem Aluminiumkabel zu verbindende oder stumpf zu verschweißende Anschlußstück gedreht und rotierend gegen die Stirnseite des Aluminiumkabels gedrückt und durch die dabei entstehende Reibwärme nach dem Abbremsen der Rotation verschmolzen oder verschweißt wird. Zwar könnte die Reibung und die Reibwärme auch durch andere gegenseitige Relativbewegungen bewirkt werden, jedoch hat die Rotation den großen Vorteil, daß die zu verbindenden Teile in Querrichtung bereits ihre endgültige Lage einnehmen können und eine nahezu beliebige Umdrehungszahl an dem rotierenden Teil erzeugt werden kann, um genügend Reibungswärme für das

Verschweißen zu erhalten. Gleichzeitig kann so eine eventuell auf der Aluminiumseite befindliche Oxidschicht besonders effektiv durchdrungen und beseitigt werden.

Die Drähte oder Litzen des Aluminiumkabels können vor und/oder während des Schweißvorganges zumindest im Bereich der stirnseitigen Verbindungsstelle zusammengedrückt werden, was mit der schon erwähnten Stützhülse besonders einfach durchgeführt werden kann. Dabei kann die Stützhülse außenseitig flächig, insbesondere zu einem Mehrkant, zum Beispiel zu einem Sechskant, verpreßt werden. Dadurch ergibt sich zusätzlich bei der späteren Montage die Möglichkeit für einen Werkzeugangriff, beispielsweise für den Angriff eines Schraubenschlüssels. Außerdem kann eine solche Mehrkantform an der Außenseite der Stützhülse bei der Verlegung und Montage des Kabels mit seinem Anschlußstück vorteilhaft sein.

Das Anschlußstück kann entweder ein Zylinder aus Kupfer oder einer Kupferlegierung, beispielsweise aus Messing sein, der seinerseits mit einem entsprechenden Konnektor oder einer Kabelklemme oder einer Batterieklemme oder dergleichen verbunden wird oder von vorneherein schon einstückig damit verbunden ist. Ein solcher Zylinder kann besonders gut in Rotation versetzt und durch Reibschweißen mit dem entsprechend vorbereiteten Aluminiumkabel verbunden werden.

Es ist aber auch möglich, daß ein als Anschlußstück dienendes Kabelstück aus Drähten aus Kupfer, Kupferlegierung und/oder Messing an seiner Außenseite mit einer Stützhülse, insbesondere aus Kupfer, Kupferlegierung oder Messing oder dergleichen Metall, verpreßt und mit der Stirnseite des Aluminiumkabels stumpf verschweißt wird. Es sind nämlich Fälle denkbar, wo zwar im wesentlichen aus Aluminium gebildete Kabel benutzt werden, die aber doch noch mit einem Stück eines Kupferkabels verbunden werden müssen insbesondere, wenn hohe dynamische Belastungen im Bereich der Verbindungsstelle auftreten können oder im weiteren Verlauf einer solchen elektrischen Leitung eine Werkstoffpaarung Kupfer oder eine Kupferlegierung verlangt. In einem solchen Fall kann also das mit dem Aluminiumkabel zu verbindende Anschlußstück seinerseits ein Kabelstück aus Kupferdrähten oder dergleichen sein, das ebenfalls mittels einer Stützhülse stabilisiert wird, so daß ein Reibschweißverfahren insbesondere durch Rotation vorzugsweise des Kupferteilcs ermöglicht wird, bei welchem dann die Kabel selbst und die Stützhülsen miteinander verbunden und verschweißt werden.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zum Verbinden eines Aluminiumkabels mit einem Anschlußstück aus anderem Metall kann vor allem darin bestehen, daß eine offenbare Einspannvorrichtung für das mit der Stützhülse versehene Aluminiumkabel und eine in Flucht damit angeordnete lösbare Halterung für das Anschlußstück vorgesehen sind, daß die Halterung einen Drehantrieb hat oder damit kuppelbar ist und daß die Einspannvorrichtung und die Halterung relativ zueinander in Längserstreckungsrichtung des Aluminiumkabels und des damit zumindest bei gegenseitiger Berührung fluchtenden Anschlußstückes bewegbar oder verschiebbar sind. Besonders günstig ist es dabei, wenn die rotierende Halterung verschiebbar ist. Diese Verschiebbarkeit schließt dann die erforderliche Andrückkraft an der Verbindungsstelle ein, die während des Verschweißens ausgeübt wird. Dabei kann die offenbare Einspannvorrichtung für das Ende des Aluminiumkabels gleichzeitig zum Verpressen der dort vorgesehenen Stützhülse herangezogen werden.

Vor allem bei Kombination einzelner oder mehrerer der vorbeschriebenen Merkmale und Maßnahmen ergibt sich eine Verbindung eines zur elektrischen Leitung dienenden

Aluminiumkabels, bei welchem nicht unmittelbar an den einzelnen Drähten oder Litzen selbst geschweißt werden kann und muß, sondern eine zweckmäßigerweise aus Aluminium, also identischem Werkstoff bestehende Stützhülse vorgesehen ist, womit die Drähte und Litzen vorverdichtet werden können. Somit wird eine Art Vollzylinder gebildet, der gleichzeitig auch als Dichtung über der Isolation dient, weil er bis über diese Isolation reichen kann. Diese Dichtung hat bei Versuchen einen Wasserdichtheitstest mit ein Meter Wassersäule bestanden. Die Verbindungsstelle selbst hat eine hohe elektrische Leitfähigkeit, weil eine zuvor eventuell auf der Aluminiumseite und unter Umständen sogar auf der Kupferseite vorhandene Oxidschicht durch Reibschweißen bei einer relativen gegenseitigen Rotation eliminiert werden kann, so daß die beiden unterschiedlichen Metalle in intermetallische Phasen gelangen und miteinander verschmolzen und verschweißt werden. Nachstehend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigt in zum Teil schematisierter Darstellung:

**Fig. 1** das Ende eines abisolierten Aluminiumkabels, eine darüber aufsteckbare und anpreßbare Stützhülse und eine Batterieklemme aus anderem Metall, die miteinander elektrisch leitend zu verbinden sind,

**Fig. 2** die elektrische Verbindung des Aluminiumkabels, der Stützhülse und der Batterieklemme gemäß **Fig. 1** mit einer Reibschweißnaht an der Verbindungsstelle,

**Fig. 3** eine der **Fig. 1** entsprechende Darstellung, bei welcher ein Kabelschuh zur elektrisch leitenden Verbindung und Verschweißung mit einem Aluminiumkabel vorgesehen ist,

**Fig. 4** eine der **Fig. 2** entsprechende Darstellung der Verbindung des Kabelschuhs mit dem mit einer Stützhülse versehenen Aluminiumkabel,

**Fig. 5** ein Aluminiumkabel, eine Stützhülse und ein damit zu verbindender Anschlußadapter oder Steckerstift aus Buntmetall vor der gegenseitigen Verbindung und

**Fig. 6** die Verbindung des Anschlußadapters an dem Aluminiumkabel durch eine Reibverschweißung,

**Fig. 7** das abisolierte Ende eines Aluminiumkabels mit einer dazu gehörenden Stützhülse und das abisolierte Ende eines Kupferkabels mit dazu gehörender und dazu passender Stützhülse sowie

**Fig. 8** die Verbindung des mit Stützhülse versehenen Aluminiumkabels mit dem mit Stützhülse versehenen Kupferkabelstück durch stumpfes oder Reib-Verschweißen.

Bei den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen von Verbindungen eines elektrischen Aluminiumkabels **1**, das aus einzelnen Aluminiumdrähten **2** und einer Isolierung **3** besteht mit einem Anschlußstück **4**, erhalten übereinstimmende Teile jeweils dieselben Bezugswahlen.

In den **Fig. 2**, **4**, **6** und **8** ist jeweils eine im ganzen mit **V** bezeichnete Verbindung des elektrischen Aluminiumkabels **1**, das aus einzelnen Aluminiumdrähten **2** oder gegebenenfalls aus Litzen gebildet und mit der Isolierung **3** versehen ist, mit einem aus Kupfer, aus einer Kupferlegierung und/oder aus Messing oder dergleichen Metall bestehenden Anschlußstück **4** dargestellt. **Fig. 2** zeigt dabei eine Verbindung **V** des Aluminiumkabels **1** mit einer Batterieklemme **5**, **Fig. 4** eine derartige Verbindung mit einem Kabelschuh **6**, **Fig. 6** eine Verbindung mit einem Anschlußadapter **7**, der auch ein Steckerteil mit Steckerstiften **8** sein kann, und **Fig. 8** die Verbindung **V** eines elektrischen Aluminiumkabels **1** mit einem Kabelstück **9** aus Kupfer, einer Kupferlegierung oder dergleichen Metall, wobei ebenfalls einzelne Drähte **10** und eine Isolierung **11** vorgesehen sind.

Vor allem in den **Fig. 1**, **3**, **5** und **7** erkennt man dabei deutlich, daß die Isolierung **3** des Aluminiumkabels **1** vor

der - in diesen Figuren noch nicht beaufschlagten späteren - Berührstelle, also vor der endseitigen Stirnseite 12 endet oder entfernt ist, so daß das Aluminiumkabel 1 an dem zu verbindenden Ende also abisoliert ist, und daß eine Stützhülse 13 vorgesehen ist, die gemäß den schon erwähnten Fig. 2, 4, 6 und 8 den die endseitige Stirnseite 12 des abisolierten Teiles des Aluminiumkabels 1 benachbarten Bereich in Gebrauchsstellung außenseitig umschließt.

Die Stützhülse 13 kann also zunächst in Längserstreckungsrichtung außenseitig auf das zu verbindende und abisolierte Ende des Aluminiumkabels 1 aufgesteckt und verpreßt oder aufgeschrumpft werden, so daß die Drähte 2 des Aluminiumkabels 1 zumindest im Bereich der Stirnseite 12 zusammengedrückt sind, so daß praktisch ein Vollzylinder entsteht. Bei der fertigen Verbindung V ist das Anschlußteil 4, welches gemäß den einzelnen Ausführungsbeispielen unterschiedlich gestaltet sein kann, mit der Stirnseite 12 und auch der Stützhülse 13 verschweißt. Man erkennt in den Fig. 2, 4, 6 und 8 in schematisierter Darstellung eine wulstförmige umlaufende Schweißnaht 14. Dabei ist in diesen Figuren die Verbindungsstelle V weiterhin durch einen die Durchmesserebene der Verbindung V andeutenden Querstrich markiert, obwohl bei der Verschweißung keinerlei Trennstelle oder Fuge verbleibt, sondern die beiden Metalle der verbundenen Teile aufgrund einer durch die Schweißhitze erfolgenden Verschmelzung fugenlos verbunden werden.

In allen Ausführungsbeispielen erkennt man, daß nach Fertigstellung der Verbindung V die Stützhülse 13 bis über den Übergang zwischen dem abisolierten Bereich des Aluminiumkabels 1 und der Isolierung 3, einen Teil der Isolierung 3 umschließend, reicht. Die Stützhülse 13 dient also nicht nur zum Zusammendrücken der Drähte 2 und zur Bildung des schon erwähnten Vollzylinders, der das Verschweißen an der Stirnseite 12 begünstigt, sondern gleichzeitig als Dichtung über der Isolierung 3. Da die Stützhülse 13 mit dem Aluminiumkabel 1 und damit auch mit dem Ende von dessen Isolierung 3 verpreßt oder darauf aufgeschrumpft ist, wird auch das Ende der Isolierung 3 entsprechend fest mit den Drähten 2 des Aluminiumkabels 1 verbunden, so daß eine hohe Wasserdichtigkeit erzielt wird.

Dabei erkennt man in allen Ausführungsbeispielen deutlich, daß das eine Ende 13a der Stützhülse 13 in Gebrauchsstellung bündig mit der endseitigen Stirnseite 12 des abisolierten Bereiches des Aluminiumkabels 1 und mit den Drähten 2 ist, so daß also der schon erwähnte Vollzylinder an der Stirnseite 12 des Aluminiumkabels 1 praktisch um die dort vorhandene Dicke der Stützhülse 13 vergrößert ist und eine entsprechend vergrößerte Fläche zum Verbinden mit dem Anschlußteil 4 darstellt.

Dabei haben das Aluminiumkabel 1 und die aufgeschrumpfte oder aufgepreßte Stützhülse 13 einerseits und das Anschlußteil 4 andererseits einen im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt von im Ausführungsbeispiel jeweils gleicher Größe, wie man es sowohl in der Ausgangslage der Teile vor ihrer gegenseitigen Verbindung als auch nach Fertigstellung der Verbindung V jeweils erkennt.

Da die das Ende des Aluminiumkabels 1 zusammendrückende Stützhülse 13 eine Metallhülse und insbesondere eine Aluminiumhülse, gegebenenfalls aber auch eine Kupfer- oder Messinghülse, ist, nimmt sie an dem Schweißvorgang und an der Ausbildung der Schweißnaht 14 Teil und verbessert damit gleichzeitig die gegenseitige Verbindung der Teile, weil somit nicht nur die ebene, flächige Stirnseite 12 mit dem Anschlußteil 4 verbunden wird, sondern auch das Ende 13a der Stützhülse 13, die andererseits bis über die Isolierung 3 reicht und eventuell auftretende dynamische Zug- oder Querkräfte gut verteilt.

Die Stützhülse 13 hat in ihrem Inneren zwei Abschnitte unterschiedlicher Innenquerschnitte oder Innendurchmesser. Der Abschnitt 13b mit dem größeren Innendurchmesser umgreift dabei das Ende der Isolierung 3 des Aluminiumkabels 1 und der Abschnitt 13c kleineren Innenquerschnittes umgreift den abisolierten Bereich des Aluminiumkabels 1. Die Differenz der Innendurchmesser dieser beiden Abschnitte 13b und 13c der Stützhülse 13 entspricht dabei der doppelten Dicke der Isolierung 3 des Aluminiumkabels 1, das heißt die Differenz der Innenradien der beiden Abschnitte 13b und 13c der Stützhülse 13 entsprechen etwa der Dicke der Isolierung 3, so daß trotz der Stufung zwischen dem isolierten und dem abisolierten Bereich des Aluminiumkabels 1 die Außenseite der Stützhülse 13 im wesentlichen glatt und ohne Absatz oder Durchmesseränderung verlaufen kann.

Um die Verbindung V herzustellen, wird also das Aluminiumkabel 1 zunächst an dem Verbindungsende abisoliert, indem entweder die Isolierung 3 auf eine bestimmte Länge entfernt oder von vorneherein weggelassen wird. Auf die abisolierte Stelle wird die Stützhülse 13 aufgesteckt. Danach wird die Stützhülse 13 verpreßt oder geschrumpft, wodurch die Drähte 2 oder Litzen des Aluminiumkabels 1 zusammengedrückt werden, so daß sich an der Stirnseite 12 trotz der Bildung aus diesen einzelnen Drähten 2 praktisch ein Vollquerschnitt ergibt. Danach wird das Aluminiumkabel 1 zusammen mit der Stützhülse 13 mit dem Anschlußteil 4, welches gemäß den einzelnen Ausführungsbeispielen unterschiedlich gestaltet sein kann, stumpf verschweißt. Aufgrund der Schweißhitze und einer gegenseitigen Druckkraft in Längsrichtung der zu verbindenden Teile entsteht dabei die wulstförmige Schweißnaht 14.

Dabei ist in Ausgangsstellung und auch nach Herstellung der Verbindung V die Stützhülse 13 mit einem Ende 13a bündig mit der Stirnseite des Aluminiumkabels 1. Dies erlaubt es, daß das mit der Stützhülse 13 versehene Aluminiumkabel 1 mit dem Anschlußteil 4 durch Reibschweißen verbunden wird.

Das mit dem Aluminiumkabel 1 zu verbindende und stumpf zu verschweißende Anschlußteil 4 wird dabei in nicht näher dargestellter Weise in Drehung versetzt und rotierend mit hoher Drehzahl von beispielsweise 1500 Umdr./Min. gegen die Stirnseite 12 des Aluminiumkabels 1 und das Ende 13a der spätestens jetzt verpreßten Stützhülse 13 gedrückt und durch die dabei entstehende Reibwärme nach dem Abbremsen und Anhalten der Rotation verschmolzen und verschweißt, wobei im Bereich der Verbindung V dann die Metalle der verbundenen Teile auch miteinander legiert werden. Die Drähte 2 oder Litzen des Aluminiumkabels 1 werden also vor und während des Schweißvorganges zumindest im Bereich der stirnseitigen Verbindungsstelle V zusammengedrückt, um den schon erwähnten Vollquerschnitt mit ebener, flächiger Stirnseite 12 zu bilden.

Die Stützhülse 13 wird außenseitig flächig, insbesondere zu einem Mehrkant, zum Beispiel zu einem Sechskant, verpreßt, so daß eine weitgehend gleichmäßige Zusammendrückung der Drähte 2 im Bereich der Verbindung V erfolgt und die Stützhülse 13 später außenseitig gut auch mit Werkzeugen bei der Montage erfaßt werden kann.

Gemäß Fig. 2 kann mit dem Aluminiumkabel 1 eine Batterieklemme 5 mit Anschlußbolzen 5a als Anschlußteil 4 verbunden werden.

Fig. 3 und 4 zeigt die Verbindung eines Aluminiumkabels 2 mit einem Anschlußteil 4, das als Kabelschuh 6 mit einem bolzenförmigen Anschlußteil 6a ausgebildet ist.

In Fig. 5 und 6 ist die Verbindung des Aluminiumkabels 1 mit einem Anschlußadapter 7 für stoffschlüssige elektrische Verbindungen beispielsweise über Steckerstifte 8 darge-



stellt, wobei der Anschlußadapter 7 selbst die entsprechende Querschnittsform und -fläche zum stumpfen Verschweißen mit dem Aluminiumkabel 1 aufweist.

Fig. 7 und 8 schließlich zeigt die Möglichkeit, ein Aluminiumkabel 1 mit einem Kabelstück 9 insbesondere aus Kupfer oder einer Kupferlegierung als Anschlußstück 4 zu verbinden, wobei dieses als Anschlußstück 4 dienende Kabelstück 9 aus Drähten 10 aus Kupfer oder einer Kupferlegierung an seiner Außenseite ebenfalls mit einer Stützhülse 13 insbesondere aus Kupfer, einer Kupferlegierung oder Messing oder auch Aluminium, in jedem Falle aus Metall, verpreßt und mit der Stirnseite 12 des Aluminiumkabels 1 stumpf verschweißt wird. Dabei wird auch diese Stützhülse 13 aus Kupfer oder dergleichen mit dem Kabelstück 9 am Ende bündig angeordnet, so daß die Verbindung V sowohl an den jeweiligen Drähten 2 und 10 als auch den Stützhülsen 13, also über einen entsprechend vergrößerten Querschnitt mit entsprechender Stabilität erfolgt.

Eine Vorrichtung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens ist nicht näher dargestellt und umfaßt zweckmäßigerweise eine öffnbare Einspannvorrichtung für das mit der Stützhülse 13 versehene Aluminiumkabel 1 und eine in Flucht damit angeordnete lösbare und drehantreibbare Halterung für das Anschlußstück 4. Die Einspannvorrichtung und die Halterung sind dann relativ zueinander in Längserstreckungsrichtung des Aluminiumkabels 1 und des damit zumindest bei gegenseitiger Berührung fluchtenden Anschlußstückes 4 bewegbar oder verschiebbar, so daß das rotierende gegen das feststehende Teil angeedrückt und dadurch die notwendige Reibungshitze für den Reibschweißvorgang erzeugt werden kann. Dabei ist zweckmäßigerweise die rotierende Halterung verschiebbar, da sie das insgesamt kürzere oder kleinere Anschlußstück 4 aufnimmt. Nach dem Abbremsen des Drehantriebes erfolgt unter der entstandenen Reibungshitze die gegenseitige Verschmelzung und Verschweißung praktisch über den gesamten Querschnitt, die also nicht nur eine feste, sondern auch eine dichte Verbindung V ergibt.

Durch das Verpressen mit der Stützhülse 13, die auch über die Isolierung 3 des Aluminiumkabels 1 reicht, werden die Aluminiumdrähte 2 geschützt und geschont und trotz dieser Verpressung nicht so stark verformt, daß sie späteren dynamischen Belastungen nicht mehr standhalten können. Durch das Verschweißen werden die unterschiedlichen Metalle im Bereich der Verbindung V, also im Berührungsbereich, miteinander legiert. Dies ergibt eine hohe Bruch- und Reißfestigkeit bei gleichzeitig sehr guter elektrisch leitender Verbindung. Auch hohe dynamische Belastungen können aufgenommen werden, so daß sich diese Verbindung besonders gut für Batterieleitungen in Kraftfahrzeugen eignet, so daß im Bereich der Batterie, wo Säuredämpfe auftreten können, das gegenüber solchen Dämpfen widerstandsfähige Kupfer oder Messing verwendet werden kann, während die weitere stromführende Leitung aus dem leichteren Aluminium bestehen kann.

Die Verbindung V des elektrischen Aluminiumkabels 1 mit einem Anschlußstück 4 aus anderem Metall, insbesondere Kupfer oder einer Kupferlegierung, wird durch Zusammendrücken der das Aluminiumkabel 1 bildenden Drähte 2 im Endbereich und Verschweißen mit dem Anschlußstück 4, insbesondere durch ein Reibschweißverfahren, bewirkt. Dabei wird die Reibwärme zwischen den Materialien genutzt, um beide Materialien zu schmelzen und ohne Zusatzschweißstoff miteinander zu verbinden. Das Aluminiumkabel 1 wird dazu mit einer mit ihm verpreßten Stützhülse 13 versehen, die die einzelnen Drähte 2 an der Verbindungsstelle praktisch zu einer vollen Fläche macht und selbst mit dem Anschlußstück 4 mitverschweißt wird. Somit können An-

schlußteile aus Kupfer dicht und elektrisch gut leitend mit dem Aluminiumkabel 1 verbunden werden, ohne daß im Verbindungsbereich eine Korrosionsgefahr aufgrund unterschiedlich edler oder unedler Metalle besteht.

#### Patentansprüche

1. Verbindung (V) eines elektrischen Aluminiumkabels (1), insbesondere eines aus mehreren Aluminiumdrähten (2) oder -litzen gebildeten und isolierten Aluminiumkabels mit einem aus Kupfer, aus einer Kupferlegierung und/oder aus Messing oder dergleichen Metall bestehenden Anschlußstück (4), zum Beispiel mit einer Batterieklemme (5), einem Kabelschuh (6), einem Anschlußadapter (7), einem Steckerteil, einem Kabelstück (9) oder dergleichen, für die elektrische Anlage eines Kraftfahrzeuges, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Isolierung (3) des Aluminiumkabels (1) vor der Berührstelle mit dem Anschlußstück endet oder entfernt ist, daß eine Stützhülse (13) vorgesehen ist, die zumindest den der endseitigen Stirnseite (12) des abisolierten Teiles des Aluminiumkabels (1) benachbarten Bereich umschließt, daß diese Stützhülse (13) mit dem Ende des Aluminiumkabels (1) verpreßt und/oder darauf aufgeschwumpft ist, so daß die Drähte (2) des Aluminiumkabels (1) zumindest im Bereich der Stirnseite (12) zusammengedrückt sind, und daß das Anschlußstück (4) mit der Stirnseite (12) des Endes des Aluminiumkabels verschweißt ist.
2. Verbindung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stützhülse (13) bis über den Übergang zwischen dem abisolierten Bereich des Aluminiumkabels (1) und der Isolierung (3), einen Teil der Isolierung (3) umschließend, reicht.
3. Verbindung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das eine Ende (13a) der Stützhülse (13) bündig mit der endseitigen Stirnseite (12) des abisolierten Bereiches des Aluminiumkabels (1) ist.
4. Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Aluminiumkabel (1) und die aufgeschwumpfte oder aufgepreßte Stützhülse (13) und das Anschlußstück (4) einen im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt insbesondere gleicher Größe haben.
5. Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die das Ende des Aluminiumkabels (1) zusammendrückende Stützhülse (13) eine Metallhülse, insbesondere eine Aluminiumhülse ist.
6. Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stützhülse (13) zum Verpressen oder Vorverpressen des Aluminiumkabels in ihrem Inneren wenigstens zwei Abschnitte unterschiedlichen Innenquerschnittes oder Innendurchmessers hat und der Abschnitt (13b) mit dem größeren Innendurchmesser das Ende der Isolierung (3) des Aluminiumkabels (1) und der Abschnitt (13c) kleineren Innendurchschnittes den abisolierten Bereich des Aluminiumkabels (1) umgreift.
7. Verbindung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Differenz der Innendurchmesser der Stützhülse (13) etwa der doppelten Dicke der Isolierung (3) des Aluminiumkabels (1) entspricht.
8. Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das mit der Stützhülse (13) versehene Ende des Aluminiumkabels (1) mit dem Anschlußstück (4) durch Reibschweißen verbunden ist.
9. Verfahren zum Verbinden eines elektrischen Alumi-

Aluminiumkabels (1) mit einem aus Kupfer, aus einer Kupferlegierung und/oder aus Messing oder dergleichen Metall bestehenden Anschlußteil (4), zum Beispiel Batterieklemme (5), Kabelschuh (6), Anschlußadapter (7), Steckerteil (8), Kabel (9) oder dergleichen, für die elektrische Anlage eines Kraftfahrzeuges, wobei die Stirnseite (12) des Aluminiumkabels (1) mit der Stirnseite des Anschlußteiles (4) in Verbindung und elektrischen Kontakt gebracht wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Aluminiumkabel (1) an dem Verbindungsende abisoliert und auf die abisolierte Stelle eine Stützhülse (13) aufgesteckt wird, daß die Stützhülse (13) verpreßt oder geschrumpft und dadurch die Drähte (2) oder Litzen des Aluminiumkabels (1) zusammengedrückt werden und daß das Aluminiumkabel (1) zusammen mit der Stützhülse (13) mit dem Anschlußteil (4) stumpf verschweißt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützhülse (13) mit einem Ende (13a) bündig zu der Stirnseite des Aluminiumkabels (1) angeordnet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das mit der Stützhülse (13) versehene Aluminiumkabel (1) mit dem Anschlußteil (4) durch Reibschweißen verbunden wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das mit dem Aluminiumkabel (1) zu verbindende oder stumpf zu verschweißende Anschlußteil (4) gedreht und rotierend gegen die Stirnseite (12) des Aluminiumkabels (1) gedrückt und durch die dabei entstehende Reibwärme nach dem Abbremsen der Rotation verschmolzen oder verschweißt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Drähte (2) oder Litzen des Aluminiumkabels (1) vor und/oder während des Schweißvorganges zumindest im Bereich der stirnseitigen Verbindungsstelle (V) zusammengedrückt werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützhülse (13) außenflächig, insbesondere zu einem Mehrkant, zum Beispiel zu einem Sechskant, verpreßt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein als Anschlußteil (4) dienendes Kabelstück (9) aus Drähten aus Kupfer, Kupferlegierung und/oder Messing an seiner Außenseite mit einer Stützhülse (13) insbesondere aus Kupfer, Kupferlegierung oder Messing oder dergleichen Metall, verpreßt und mit der Stirnseite (12) des Aluminiumkabels (1) stumpf verschweißt wird.

16. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine offenbare Einspannvorrichtung, beispielsweise ein Spannfutter für das mit der Stützhülse (13) versehene Aluminiumkabel (1) und eine in Flucht damit angeordnete lösbare Halterung für das Anschlußteil (4) vorgesehen sind, daß die Halterung einen Drehantrieb hat oder damit kuppelbar ist und daß die Einspannvorrichtung und die Halterung relativ zueinander in Längserstreckungsrichtung des Aluminiumkabels und des damit zumindest bei gegenseitiger Berührung fluchtenden Anschlußteiles (4) bewegbar oder verschiebbar sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die rotierende Halterung verschiebbar ist.

